

동태적 복잡성을 고려한 최적의 연구개발 투자 전략

손지윤¹ · 김현정^{2*} · 김수욱¹

¹서울대학교 경영학과, ²상지영서대학교 경영과

Optimal Investment Strategy for Research and Development Considering Dynamic Complexity

Jiyeon Son¹ · Hyun Jung Kim² · Soo Wook Kim¹

¹Department of Business Administration, Seoul National University

²Department of Business Administration, Sangji Youngseo College

■ Abstract ■

Recently, interest in research and development (R&D) investment decisions have increased among Korean domestic enterprises. However, existing R&D investment studies only focused on government R&D investment policies while only a few studies investigated firm level R&D investment. Prior literatures also overlooked the feedback loop between R&D investment and firm performance. Therefore, this paper identifies a system dynamics model for R&D investment decision making in domestic electronics firms. The conceptual model is derived from R&D investment-related theories found in bodies of literature on company performance, enterprise activity, and market maturity. This study investigates the dynamic feedback between R&D activities and sales using the system dynamics model. In other words, the system dynamics model is used to explain the change in the closed feedback circulation structure in R&D investment activities including technology development, production process, and marketing that subsequently result in sales increase and re-investment into R&D from the generated revenues. There are two major results. First, a similar ratio of investment on technology development and production process derives the higher company sales. Second, regardless of market maturity, marketing investment ratio positively affects sales and R&D budget growth. This study provides a system dynamics model to find the optimal ratio for R&D investment and suggests managerial strategic implications on electronic firm R&D investment decision making under market maturity condition.

Keywords : Research and Development (R&D), Dynamic Complexity, System Dynamics, Investment Strategy

1. 서 론

최근 들어 선진국의 핵심기술 보호, 중국 경제의 부상 등으로 국내 기업들은 연구개발(R&D : Research and Development) 투자 수준을 매년 확대하고 있다. 한국 산업기술진흥협회의 조사 결과에 따르면, 2015년도 R&D 투자 규모는 전년 대비 6.8% 증가한 58조 3,287억 원이고, 매출액 대비 R&D 투자는 전년보다 0.1%p 증가한 3.42% 수준으로 추정된다. 특히, 투자가 많이 증가한 기업 유형은 주로 대기업이었으며, 그 중에서 산업별로 살펴보면 전기전자, 자동차 분야가 각각 49.6%, 25.1%의 비중을 차지하는 것으로 조사됐다[21]. 연구개발 집중도는 연구개발 투자를 매출액으로 나눈 값으로 측정되는데[51], 전자 산업은 6.63%로 통신업 2.60%, 자동차 운송장비 산업 2.42%, 그 외 산업 2%보다 훨씬 높았다[4].

그러나 한국, 중국, 일본 상장기업의 R&D 투자 효율성을 비교한 결과, 국내 기업의 R&D 투자 효율성은 저조한 편이었다. 평균 R&D 대비 무형자산 비율은 2014년 기준으로 약 12배로 중국 30배, 일본 22배에 비해 낮은 수준이었고 2010년 대비 0.6배 감소하였다. 또한 평균 R&D 대비 시가총액 비율은 2014년 기준으로 약 346배로 일본 271배보다는 높지만 중국 1,510배에 비해 크게 낮게 나타났다 2010년 대비 0.3배 감소하였다[28].

이와 같이 국내 기업들의 R&D 투자는 증가하고 있지만 아직 효율성은 낮은 상황이므로, R&D 투자 규모를 증가시키는 기존의 양적 성장에서 벗어나 R&D 투자 효율성 향상을 통해 질적 성장으로 전환할 필요가 있다. 이에 따라 최대한의 기업 성과를 창출하기 위하여 최적의 R&D 투자 배분 의사결정을 할 수 있는 다양한 방안이 제시되어 왔다[17]. 대표적인 방법으로는 전문가들의 의견을 수렴하여 분석하는 방법인 계층적 분석과정(AHP : Analytic Hierarchy Process)[18], 과학기술 투자의 효율성을 측정할 객관적 파라미터(parameter)를 이용하는 연산가능 일반균형(CGЕ : Computable General Equi-

librium) 모형[33, 47] 등이 있다.

AHP는 평가 기준을 계층화하고 쌍대비교 함으로써 복잡한 문제를 효과적으로 해결하는 다기준 의사결정 기법으로서[10] 정량적 평가기준은 물론 의사결정문제에서 다루기 곤란하면서도 반드시 고려해야 되는 정성적 평가기준도 쉽게 반영할 수 있다[44]. 그러나 전문가들의 주관적 판단을 바탕으로 결론을 내린다는 한계가 있다[7]. CGE 모형은 현실경제에서 가계부문, 생산부문, 정부부문을 모형화해서 모든 금융시장이 동시에 균형을 이루는 가격 함수를 구하고, 이를 통해 R&D의 효율성을 측정하는 분석 모형이다[33, 47]. 그러나 지나치게 추상화된 균형경제 환경 모형에서 도출된 값을 사용하기 때문에 현실을 충분히 반영하지 못하고 일반적인 평가에 그칠 수밖에 없다는 비판을 받고 있다[9]. 무엇보다 이들 방법론은 정태적 관점(static perspective)에서 이루어져서 R&D 투자 의사결정에서 다양한 요소들 간의 연관성을 고려하고 이러한 연관성이 시간에 따라 어떻게 변화하는지를 동태적 관점(dynamic perspective)으로 이해하기에는 한계가 있다[3].

그러므로 본 연구는 시스템 다이내믹스(System Dynamics)를 이용하여 기업의 R&D 투자 배분 의사결정에 관한 모형을 구축하고, 기업 성과를 극대화할 수 있는 최적의 R&D 투자 전략을 도출하는데 목적이 있다. 특히, R&D 투자와 관련된 기업 활동들을 구체적으로 살펴볼 뿐만 아니라, 시간이 흐름에 따라 R&D 투자 배분이 어떻게 변하는지에 관해서도 파악함으로써 동태적 복잡성을 반영할 것이다. 이와 같이 R&D 투자에 관한 프로세스를 동태적 관계로 재조명함으로써, R&D 투자 효율성을 향상시키는데 기여할 수 있을 것이다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 제 2장에서는 R&D 투자와 관련된 문헌 연구를 정리했고, 제 3장은 시스템 다이내믹스와 연구 설계를 설명하고, 제 4장에서는 시뮬레이션 결과를 정리함으로써 기업 성과를 극대화하기 위한 최적의 R&D 투자 전략을 제시하였다. 마지막으로 제 5장에서는 연구

결과를 요약하고 시사점 및 향후 연구 방향을 제시하였다.

2. 문헌 연구

2.1 R&D 투자와 기업 성과의 관계

R&D는 새로운 지식이나 기술의 습득을 목적으로 일련의 연구를 하고 그 결과를 새로운 제품이나 공정의 개발, 기존 제품이나 공정의 개선에 응용하는 활동을 의미한다[20]. R&D 활동은 많은 시간과 비용이 투입되는데도 불구하고 그에 따른 보상이 없거나 적을 수 있는 등 결과가 불확실한 특징을 지닌다[43, 56].

이에 따라 R&D 투자와 기업 성과 간의 관계를 살펴보기 위한 다양한 실증 연구들이 수행되었다. 미국의 불경기인 1982년과 1991년에 R&D 투자가 기업 성과에 미치는 영향을 분석한 연구에 따르면 R&D 투자와 매출성장률은 유의한 양의 관계가 있는 것으로 나타났다. 기존의 연구들은 호황기에 R&D 투자가 많아질수록 매출성장률이 향상되는 것을 밝혔는데, 이 연구에 의하면 불황기에도 R&D 투자를 늘린 기업은 매출성장률이 증가하였고 그렇지 않은 기업은 매출성장률이 감소하였다[41]. 맥킨지에서 글로벌 기업 1,200개를 대상으로 실시한 조사에서도 1990년대 불경기에 주요 기업들은 R&D 투자를 22% 증가시켰고 이는 기업 성과 향상으로 이어졌다[46].

또한 R&D 투자는 장기간의 영업이익을 향상시키는 것으로 나타났다. 미국의 제조업을 대상으로 전기의 광고비와 과거 수년간의 R&D 지출이 당기의 영업이익에 유의하게 양의 영향을 미쳤다[53]. 그리고 기업이 성장하면서 R&D 투자 규모는 증가할 수밖에 없는 점을 고려하여 자산 대비 R&D 비율의 증가에 초점을 맞춰 1951년부터 2001년까지 8,313개의 기업을 분석한 결과, R&D 투자를 실시한지 5년 후부터 영업이익과 주주이익률이 증가하기 시작하였다[42].

이러한 연구들을 바탕으로 Tubbs[61]는 호황기뿐만 아니라 불황기에 R&D 투자를 증가시키는 기업이 경쟁우위를 달성할 수 있으며, R&D 투자를 한 후 어느 정도 시간이 지난 후에야 기업의 매출과 시가총액이 증가한다고 주장하였다. 특히, 전자 산업, 소프트웨어 산업, 제약 산업 등에서 R&D 투자가 증가할수록 매출성장률과 영업이익이 더욱 증가하였다. 예를 들어, 소프트웨어 산업의 경우에 R&D 투자 증가율이 20% 이상인 기업 16개 중에서 13개의 매출성장률이 20%를 넘었고, R&D 투자 증가율이 5% 이하인 기업 3개 중에서 1개의 매출성장률이 3% 증가하였다.

Choi et al.[38]은 시스템 다이내믹스를 이용하여 기술혁신이 기업 성과로 이어지는 다양한 경로를 분석하였다. 그들은 기술혁신에 관한 선행연구들이 산업, 연구자의 관점, 분석방법론에 따라 다른 결론을 도출하였다고 지적하면서, R&D 투자, 기술혁신 프로세스, 이익, R&D 재투자 간의 순환적인 관계를 살펴보았다. 그 결과, 제품혁신에 대한 투자가 공정혁신에 대한 투자보다 기업의 장기적인 성과에 큰 영향을 미치고, 제품 포트폴리오 복잡성은 신제품 도입의 제약이 되지만, 제조 공정혁신은 신제품의 출시 속도를 향상시키는 것을 밝혔다. 이러한 연구는 제품과 공정 라이프사이클이 짧아지는 상황에서 제품혁신과 공정혁신은 동시에 이루어져야 함을 시사한다.

국내에서 R&D 투자와 기업 성과 간의 관계를 살펴본 대표적인 연구들을 살펴보면 다음과 같다. 3년간 R&D가 매출액에서 차지하는 비중이 8% 이상인 기업들은 그렇지 않은 기업들보다 상품화 수, 특허 및 실용신안 보유 수, 매출액 증가율, 경상이익 증가율 등 전반적으로 기업 성과가 우수하였다[11]. 그리고 R&D 투자가 기업의 이익에 미치는 영향에 초점을 맞춰 살펴본 연구에서는 R&D 투자가 이루어진 후 2년에서 4년 사이에 순이익을 유의하게 증가시켰음을 밝혔다[22]. 2010년 한국 R&D Scoreboard 1,000대 기업 중 259개를 대상으로 2000년부터 2009년까지 R&D 투자가 매출액에 미치는 영향

을 분석한 연구에서도 일맥상통하는 결과를 도출하였다. 특히, 고기술산업에 속하고 코스피 상장을 했거나 기업 규모, 경영자 지분율이 높은 제조업체일수록 매출액이 크게 향상되었다[14].

R&D 투자가 기업 성과에 미치는 영향은 산업별로 차이가 있는 것으로 나타났다. 이상만[15]은 1988년부터 1991년까지 전 업종에 걸쳐 기업 11개를 대상으로 연구개발비와 광고비 지출이 이익에 미치는 영향을 분석하였다. 독립변수로는 과거의 연구개발투자 지출액, 광고선전비, 자본적 지출액, 감가상각비, 금융비용, 종속변수로는 경상이익을 사용하였다. 그 결과, 당기 연구개발투자 지출액의 증가는 당기 경상이익을 감소시키지만, 1~2년 전의 연구개발투자 지출액의 증가가 당기 경상이익과 양의 관계를 지니는 것으로 나타났다. 이러한 연구 결과는 산업별로 차이가 있었는데, 전자 산업은 당기 지출분부터 경상이익에 양의 영향을 미쳐 반응 속도가 가장 빨랐으며, 석유화학 산업은 2년째부터, 기계장비 산업은 3년째부터 경상이익에 양의 영향을 미쳤다.

전자산업의 R&D 투자와 기업 성과 간의 관계를 구체적으로 살펴본 김우식[6]의 연구에 의하면, R&D 활동 중에서 투입된 직원 수, 외부 위탁 비용, 과제 수는 매출액에 유의한 영향을 미치지 못하는 반면에 인건비와 기타 경비는 기업 성과에 유의한 영향을 미쳤다. 즉, R&D에 대한 투자가 신기술과 우수한 제품의 개발로 이어지고, 다시 기업의 매출과 순이익을 증가시키는 것을 밝혔다. 이 연구는 이러한 결과를 바탕으로 R&D 활동은 반드시 필요한 활동이라고 주장하였으며, R&D 활동과 관련된 여러 변수들 중에서 예산이 중요함을 강조하였다.

2.2 기업 활동에 따른 R&D 투자

국내 R&D 투자에 관한 연구는 주로 국가 정책 차원에서 살펴보았다[3, 28]. 기존에 기업 차원에서 R&D 투자를 살펴본 연구는 그리 많지 않으며, 선행연구들은 산업별 구분[3], 기업 성과 분석[6], 구체적인 기업 활동 요소를 구분하여[8, 27] R&D 투

자를 분석하였다. 그런데 성공적인 신제품 개발을 통한 기업 이윤 창출을 위해서는 개발 프로세스를 고려한 단계별 전략이 필요하다[52]. 장성근 외[19]는 디자인 중심의 신제품 개발을 위한 기능을 디자인, 개발, 마케팅으로 구분하였고, Boer[34]는 R&D 프로세스를 기초연구, 응용연구, 개발연구, 제품 개발, 제조, 판매로 구분하였다.

오상영[13]은 기업 활동을 기술, 생산, 마케팅의 3단계로 구분하고 이를 6단계로 세분화하였다. 기술은 연구, 개발, 상품화 테스트, 시제품 완성, 상품화 가능, 기술혁신으로 구성된다. 생산은 시설 계획, 시설 도입, 샘플 생산, 품질 확보, 초기 생산, 대량 생산으로 이루어지며, 마지막으로 마케팅은 시장조사, 수익성 검토, 영업 시작, 수주, 판매, 확산으로 구성된다. 이러한 기업의 활동은 일반적으로 기술, 생산, 마케팅 순으로 이루어지며 관련된 투자도 해당 순서로 이루어진다. 기업 설립 초기에는 기술개발이 가장 중요한 요인이며, 기술개발이 완료되어 혁신 기술이 상용화될 정도로 안정화되면 생산 공정에 있어 불량률을 줄이고 생산 원가 단축에 대한 투자가 이루어진다. 생산라인이 안정된 후에는 본격적인 판매를 위한 광고, 홍보 등 마케팅 요인에 투자를 실시한다.

허범도[26]는 현행 중소기업 지원 정책을 분석하여 중소기업의 기업 활동을 기술, 생산, 마케팅의 3가지로 구분하고 개별 요인들은 서로 유기적으로 연계되어 균형을 이룬다고 주장하였다. 해당 연구의 실증 분석에 따르면, 창업한지 오래된 기업은 기술에 대한 지원을 가장 희망하고(기술 > 마케팅 > 생산), 2000년 이후 창업한 신생기업들은 마케팅 분야에 대한 지원을 가장 희망하였다(마케팅 > 기술 > 생산). 즉, 기업이 설립된 초기에는 자체적인 기술개발이 활발하여 상대적으로 부족한 마케팅에 대한 지원이 필요하고, 기업이 안정화되면 기술개발은 정체되고 마케팅에 투자가 치중되기 때문에 외부로부터 새로운 기술에 대한 지원이 필요하다. 그러므로 본 연구에서는 기업 활동을 기술, 생산, 마케팅으로 구분하고, 시간이 지나면서 각 활동에 관

한 R&D 투자 배분이 변화되는 형태를 분석하고자 한다.

2.3 시장 성숙도에 따른 R&D 투자

기업 내부의 활동에 못지않게 기업 외부의 시장 환경도 중요한 요소이다. 시장 환경에 따라 신제품의 생산량, 광고효과, 매출 등이 달라질 수 있으며, 이는 소비자의 신제품에 대한 평가에 영향을 미치기 때문에 시장 환경은 신제품 연구개발 성과에 중요한 요소가 된다[24, 57]. 시장 환경의 경쟁은 시장 성숙도와 밀접한 관계를 지닌다. 특히, 본 연구의 주요 대상인 전자 산업과 같이 기술집약적인 산업의 경우 시장 초기에는 기술이 유연한 신생기업들에게 유리하고, 기술이 안정화되어 경쟁기업이 많아지는 시장 후기에는 전통적인 큰 규모의 기업들에게 유리하다. 이와 같이 성숙도가 높은 산업이나 시장은 기술 노하우와 지식이 누적되어 신제품 개발에 긍정적인 영향을 미친다[40]. 그러나 긍정적 영향만큼이나 성숙도가 높은 시기는 안정 지향적이므로 발전가능성을 둔화시킨다는 부정적인 측면도 존재한다[50].

Brown[35]의 기술 수용 S-곡선은 기술 수용 정도에 따른 시장성장률을 나타낸다. 시장성숙도가 낮은 초기에는 R&D를 통해 개발한 새로운 기술의 등장으로 매출이 적고 시장성장률이 낮다. 중반기에는 점차 기술이 고객들에게 수용되면서 제품 생산에 박차를 가하기 위해 생산시설에 투자하여 매출을 확보한다. 시장성숙도가 높은 후기에는 유사한 제품을 판매하는 경쟁기업이 많아져 포화상태가 되기 때문에 매출을 위해 마케팅에 투자가 이루어진다. 즉, 시장성숙도가 낮은 초기에는 R&D 개발 결과에 대한 기대가 가장 높은 시기이므로, 개발에 대한 투자가 이어지기 쉽다. 그에 비해 시장성숙도가 높은 후기에는 다른 연구개발을 시작하지 않는 한 개발된 기술에 대한 판매에 주력하기 때문에 R&D 투자 효율이 낮아진다[60]. 이에 본 연구에서는 시장성숙도에 따른 R&D 투자 배분을 살펴보았다.

3. 연구 방법 및 설계

3.1 시스템 다이내믹스

시스템 다이내믹스(System Dynamics)는 주어진 문제에 대하여 그와 직접 또는 간접적으로 관련된 변수들로 시스템을 구성하고, 변수들 간의 관계를 정량적으로 연구하여 모형화한 후 일련의 시물레이션을 통해 시스템의 동태적 특성을 밝혀 문제를 해결하는 방식이다[5, 16]. 즉, 원인과 결과의 일방향적인 선형방식에서 나아가 결과에 따른 피드백이 원인에 영향을 미치고 다시 결과에 영향을 주는 순환 방식으로 사고를 확장한 것이다. 이 방법론은 크게 시스템 사고(system thinking)와 시물레이션(simulation)으로 구성된다. 시스템 사고는 인과지도(causal loop diagram) 분석을 통해 시스템에 내포되어 있는 순환 과정(feedback loop)들을 발견하고[7], 시물레이션은 이러한 순환 과정들을 보다 정교하게 모델화하여 동태적 행태(dynamic behavior)를 발견하는데 초점을 맞춘다[2]. 이를 통해 시스템 다이내믹스는 단순한 정태적 복잡성(static complexity)뿐만 아니라 시간을 고려한 동태적 복잡성(dynamic complexity)을 분석할 수 있다[16].

시스템 다이내믹스는 특정 이슈에 관해 표면적으로 나타난 사실만을 근거로 하는 것이 아니라 장기적인 관점에서 근원적 문제 해결방안을 제시하므로[29], 주로 경영, 공공정책 등의 분야에서 의사결정을 위한 방법론으로 활용되어 왔다[39, 45, 58]. R&D 투자 배분에 관한 의사결정에 시스템 다이내믹스를 적용한 대표적인 연구들을 살펴보면, Hansen et al. [49]은 시스템 다이내믹스 모형을 이용하여 R&D의 각 단계별로 자원 배분을 최적화하는 방안을 제시하였다. 이 연구에서는 선형적인 R&D 파이프라인을 가정하고 상업화 가능한 R&D 프로젝트의 개수는 비용 지출을 어떻게 하느냐에 따라 결정된다고 강조하였다. 김동환과 안승구[3]는 정부의 R&D 투자 의사결정에 관한 시스템 다이내믹스 모형을 구축하고 전자, 철강, 조선, 석유, 음식, 자동차 산

업에 적용하였다. 그 결과, 산업의 발전에 있어서 조선, 석유, 음식 산업은 R&D 비중이 낮았으며, 전자, 철강, 자동차 산업은 R&D 비중이 비교적 높았다. 또한 R&D 투자 효과에 있어서는 철강, 석유, 음식 산업이 약간 낮았고, 전자, 조선, 자동차 산업은 높았다. 시간이 흐름에 따라 R&D 투자 효과가 낮은 산업의 경우에는 투자 규모가 서서히 감소하고, R&D 투자 효과가 높은 산업들은 투자 규모가 지속적으로 증가하는 것으로 나타났다.

이와 같이 시스템 다이내믹스는 기업의 R&D 투자 배분에 관한 기존의 방법들인 AHP, CGE 모형과는 다르게 동태적인 관점으로 문제에 접근한다. 따라서 본 연구는 시스템 다이내믹스 소프트웨어 중의 하나인 VENSIM을 사용하여 기업의 R&D 투자 배분에 관한 의사결정에 영향을 미치는 요인들을 전반적으로 고려하고, 더 나아가 R&D 투자 효과를 극대화할 수 있는 최적 연구개발 투자 전략을 살펴보았다.

3.2 연구 설계

3.2.1 연구가설

앞서 소개된 R&D 투자와 연관된 기업 성과, 기업 활동, 시장 성숙도에 관한 이론적 배경을 바탕으로 다음과 같은 가설을 설정하였다. 신제품 개발을 위한 기업 활동은 기술개발, 생산공정, 마케팅의 순으로 이루어지고[13, 26, 34], 시장 성숙도를 고려하면 시장 초기에는 기술개발과 제품 출시가 이루어질 것이고 시장 성숙도가 높아지면 지배적인 디자인이 발생하고 유사한 제품을 생산하는 경쟁기업이 많아지면서 경쟁이 치열해진다[60]. 이에 근거하여 시장 성숙도가 높은 시기에는 경쟁사들과 차별화하기 위하여 광고, 홍보 등의 투자가 매출에 더 효과적이기 때문에 기술개발 또는 생산공정에 대한 투자보다 마케팅에 대한 투자가 더 발생한다[59].

가설 1 : 시장 성숙도가 높을수록 기술개발과 생산공정 투자보다 마케팅 투자에 의한 매출 증가가 클 것이다.

일반적으로 기술개발과 생산공정은 신제품 개발 초기에 활발히 이루어지는 활동이다. 특히, 기술개발은 신제품 개발 프로세스에서 시장이 형성되기 이전에 이루어지는 경우가 대부분이다. 그에 비해 생산공정은 본격적인 제품 판매에 앞서 이루어지는 과정으로서 매출량에 따라 생산라인을 증설하고 개선하는 활동이 시장 중기나 후기에도 발생할 수 있다. 시장 후기에는 기술개발이 이루어진다 하더라도 오류를 수정하거나, 제품을 개선하고 기술을 보완하는 수준으로 생산공정을 늘리는 기업 활동 규모에 비해 미비한 수준일 것으로 예상된다. 따라서 시장 성숙도가 높은 후기에는 연구개발 투자 가운데서도 기술개발에 대한 투자보다 생산공정 투자로 인해 매출이 발생할 가능성이 크다고 예측할 수 있다[13, 34, 60].

가설 2 : 시장 성숙도가 높을수록 기술개발 투자보다 생산공정 투자에 의한 매출증가가 클 것이다.

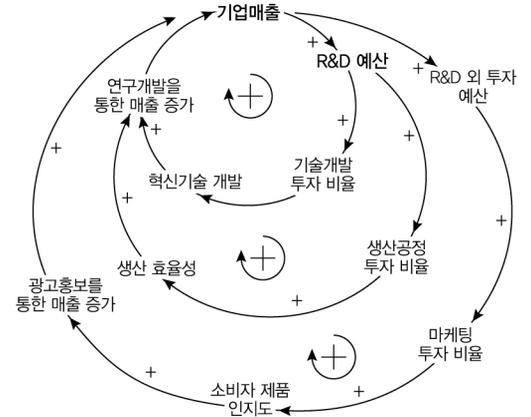
3.2.2 연구 모형 개발

본 논문은 R&D 투자가 기업의 성과에 미치는 영향과 주요 요인들을 파악하고, 요인들 상호 간의 인과관계를 추정하여 인과지도를 도출하였다. R&D 투자를 통해 기술혁신을 이룬 기업은 생산성 향상을 통한 제품 가격의 인하와 신제품 개발을 통한 시장점유율 확대로 이어지며, 결국 초과 이익을 재투자하는 순환적 메커니즘을 지닌다[55]. 즉, 기업의 R&D 투자를 통한 기술혁신은 기술지식 축적, 공정 혁신, 신제품 및 신서비스 생산, 기업이익 증대, R&D 재투자로 연결되므로, R&D 투자와 기업 매출은 선형적 인과관계를 지닌다[30].

[그림 1]은 기업 활동만을 고려한 R&D 투자에 대한 인과지도이다. 본 연구에서는 R&D 예산과 기업 매출 간의 관계에 초점을 맞춰 기술개발, 생산공정, 마케팅 부문만을 고려하였다. 이는 기업 내부의 R&D 투자를 기술개발에 대한 투자, 생산성 증대를 위한 공정에 대한 투자, 광고 및 홍보를 위

한 마케팅에 대한 투자를 주장한 선행연구들[30, 55]을 바탕으로 설정한 것이다.

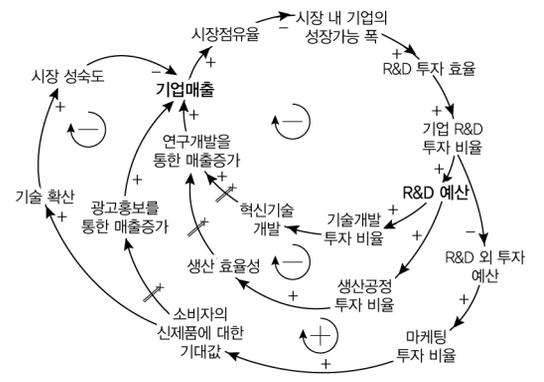
그러나 현실적으로 R&D 투자가 반드시 기업 매출로 이어진다고 확신할 수 없다. 기업이 신제품 개발을 위한 투자 의사결정을 할 경우, 시장 내 기술의 수용 수준, 소비자의 기대, 시장의 규모 등 시장 환경의 영향을 받게 된다. 개발된 신제품이 시장에 출시되면 소비자의 해당 제품에 관한 인지 정도가 해당 신제품의 판매에 큰 영향을 미친다. 또한 기술 개발로 인해 기업의 규모가 커지면 해당 제품의 보완재가 등장하고, 경쟁기업이 늘어나면서 전체 산업의 규모가 증가하고 시장 내에 해당 제품군에 관한 인지도가 상승하며 시장 성숙도가 증가하게 된다. 특히, 전자산업을 포함한 하이테크 산업의 신제품에 관한 R&D의 경우, 시장 성숙도와 관련된 불확실성이 투자 의사결정에 큰 영향을 미친다.



[그림 1] 기업 활동을 고려한 R&D 투자에 관한 인과지도

기업 내부 활동 외에도 시장 환경이라는 외부 요인을 반영하여 [그림 2]와 같은 인과지도도 도출하였다. R&D 투자로 기업 매출이 증가하면 시장점유율이 향상될 것이고 이는 해당 기업이 성장할 수 있는 폭에 음의 영향을 미치게 된다. 시장이 포화 수준에 근접하게 되면 R&D 투자 효율이 낮아지므로 기업의 R&D 투자비율이 낮아지게 된다. 기업은 포화 수준에 근접한 시장에 대응하기 위하여 공격

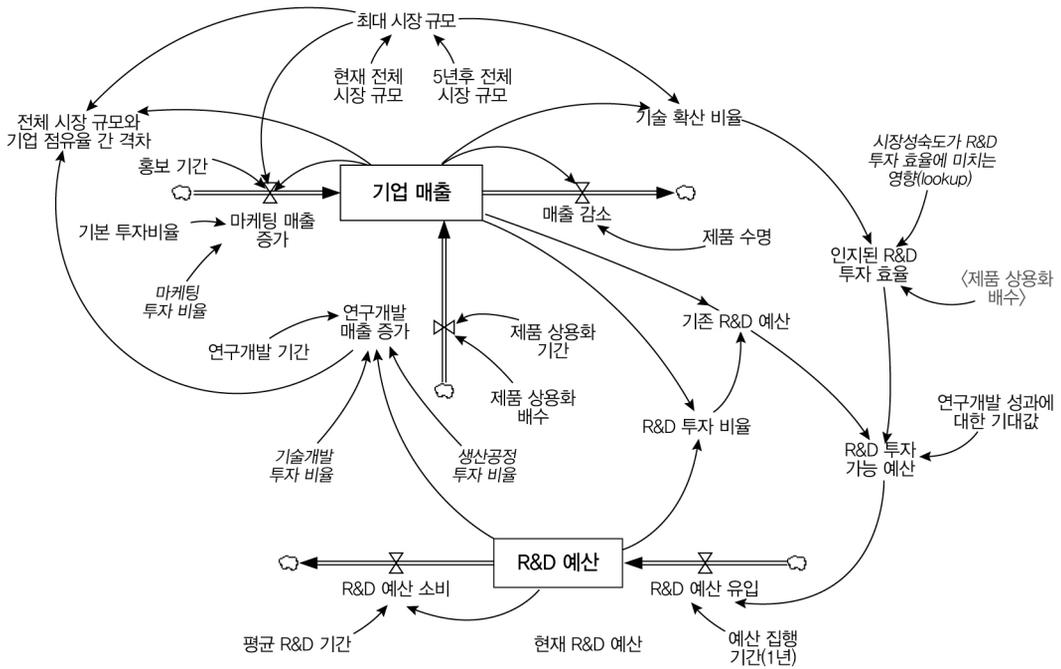
적인 기술개발 투자를 통해 새로운 시장을 개척하거나, 절감한 R&D 예산을 R&D 외 투자로 전환하는 선택을 할 수 있다. 기업이 마케팅에 대한 투자 비율을 높이면 광고, 홍보 등의 프로모션이 증가하면서 소비자들의 해당 제품에 대한 기대가 증가하게 되고 기술 확산이 발생한다. 이러한 기술 확산은 시장 성숙도를 높이는 역할을 하고 이는 다시 기업 매출의 감소로 이어진다.



[그림 2] 기업 활동과 시장 환경을 고려한 R&D 투자에 관한 인과지도

3.2.3 기업의 R&D 투자 배분 모형

[그림 3]은 기업의 R&D 투자 의사결정 시, 매출을 극대화하기 위한 부문별 자원 배분 비율을 파악하는 시뮬레이션 모형이다. 이 모델의 주요 상태 변수를 설명하면 다음과 같다. 먼저, 저량 변수 중에 R&D 예산은 1년 단위로 증감하는 모습을 모형화하였다. 또한 저량 변수 중에 기업 매출은 2가지 요인에 의해 증가된다. 첫째는 R&D 투자에 따른 매출 증가로 기술의 상용화로 인해 이루어진다. 상용화가 어느 정도 이루어지는가는 상용화 배수(commercialization multiplier)라는 파라미터(parameter)에 의해 결정되는데, 그 값은 R&D 분야에 따라 다르게 설정되며 보통 5~10정도의 값을 취한다. 이러한 상용화는 즉시 이루어지는 것이 아니기 때문에 R&D 활동에 소요되는 기간과 상용화에 소요되는 기간에 의해 지연된다. 둘째는 광고, 홍보 등 마케팅 투자에 따른 매출 증가이다. 본 연구에서는 인과

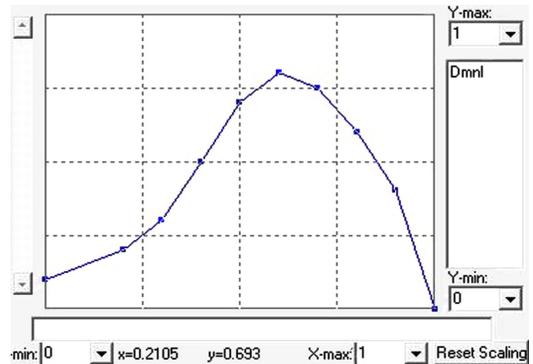


[그림 3] 기업의 R&D 투자 의사결정을 위한 시뮬레이션 모형

지도를 간단하게 구성하기 위하여 전체 예산에서 R&D 예산을 차감한 금액을 마케팅 비용으로 가정하였다. R&D 예산은 기술혁신이론에 따라 기술개발과 생산공정으로 구분하고, 마케팅 예산은 R&D 외 예산으로 구분하였다.

한편, 시장성속도에 따라 R&D 투자 효과가 달라질 수 있다. 기업 매출은 기술 확산 비율로 연결되며, 이는 R&D 효율에 영향을 미친다. 최대 산업 규모는 현재 시장 규모와 5년 뒤의 시장 규모를 반영하여 설정하며, 투입되는 값은 상용화 배수이고 이에 대한 인식의 변화는 시장 성속도에 따라 결정된다. 시장성속도와 R&D 효율에 관한 Lookup 그래프는 [그림 4]에 제시되어 있다.

R&D 투자 효율은 전체 R&D 투자 가능 예산에 영향을 미치게 되며, 연구개발 성과에 대한 기대값이 높으면 기존 R&D 예산보다 더 많은 예산이 투입될 것이고, 기대값이 낮으면 더 적은 예산이 투입될 것이다. 이 때 R&D 투자 가능 예산은 기존 R&D 예산과 R&D 투자 효율을 곱한 후 평균 기대값으로



[그림 4] 시장 성속도와 R&D 효율에 관한 Lookup 그래프

나누 값으로 계산하였고, 전체 R&D 투자 예산에 영향을 미치는 기존 R&D 예산은 기업 매출에서 차지하는 R&D 투자 비율에 기초하여 산출하였다. R&D 투자 비율의 값은 기업별로 공시된 데이터를 사용하여 도출하였다. 또한 초기 값으로 기업의 현재 R&D 예산을 투입하고, 이후에는 시뮬레이션이 진행되면서 그 비율이 지속적으로 달라지도록 설정하였다.

4. 분석 결과

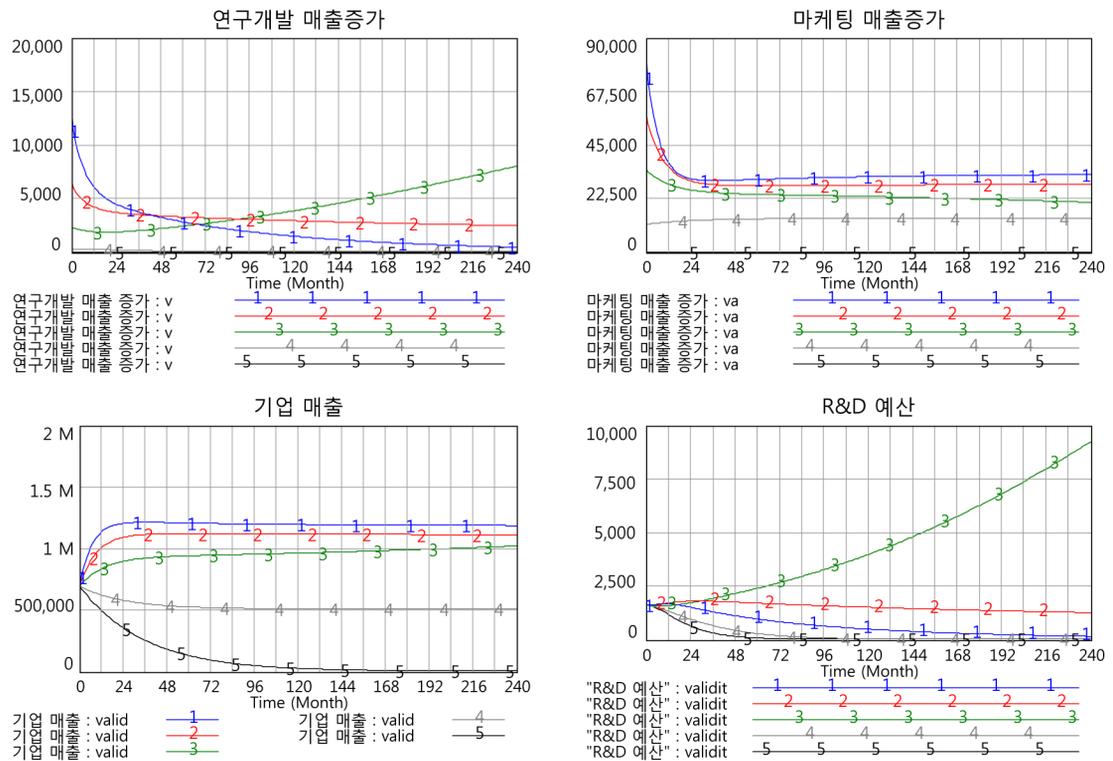
4.1 타당성 분석

모형의 타당성을 평가하는 방법은 크게 모형 구조의 타당성과 모형 행태의 타당성으로 구분된다[54]. 모형 구조의 타당성 검증을 위하여 기존의 R&D 투자에 대한 선행 연구들을 바탕으로 인과지도를 구성했으며, 모형을 단순화하여 모형 자체에서 발생 가능한 오류를 최소화 하였다[23]. 모형 형태의 타당성을 확보하기 위하여 변수에 적용되는 함수 및 데이터 선정 시, 산업별 과학기술 통계자료를 사용하였으며[25], 선행연구들 및 기술연구소의 연구 자료를 발췌하여 사용하였다[1, 3].

가설 검증에 앞서 변수값이 다양하게 변화할 때 시뮬레이션 결과가 어떻게 변화하는지 알아보기 위한 민감도 분석을 실행하였다. 모형 상에 입력해야

하는 변수들은 저량 변수의 초기값, 보조변수, 상수, 기간 등이 있다. 모형의 초기화를 위해서 저량 변수와 상수의 경우 과학기술 통계자료를 바탕으로 값을 입력하고, 기술, 생산, 마케팅 부분의 투자 비율을 초기상태로 가정하여 0으로 입력하였으며, 기간은 240개월, 시장 성숙도를 나타내는 R&D 투자 효율은 전체시기로 설정하였다. 기술, 생산, 마케팅 부분의 투자 비율에 순차적으로 증가하는 값을 입력하여 전체 모형이 어떻게 반응하는지 비교 분석하였으며[12], 값의 변화에 따라 저량 변수와 보조 변수의 값이 변화됨을 확인하였다[23]. 또한 Lookup 함수와 보조 변수에 대해서도 민감도 분석을 수행하여 각 함수들과 보조 변수들의 변화에 따른 결과 변수들의 타당성 조사를 동시에 실시하였다.

[그림 5]는 각 부문별 투자 비율에 0, 1, 3, 5, 7을 입력한 것이다. 본 모형의 핵심적인 변수들인 기술 개발 투자비율, 생산공정 투자비율, 마케팅 투자비



[그림 5] 민감도 분석 결과

율에 0, 0, 0을 입력해서 첫 번째 시뮬레이션을 실행하고, 다음에는 3, 3, 3을 입력해서 시뮬레이션을 하는 식으로 반복하여 5가지 숫자에 대한 시뮬레이션 결과를 확인하였다. 민감도 분석의 목적은 입력한 숫자의 값에 대해 그래프가 반응을 하는지 확인하고, 변수 입력값에 따라 결과 그래프가 변화하는지, 시뮬레이션이 정상적으로 이루어지는지 확인하기 위한 방법이다[12]. 상단의 그래프들은 연구개발(기술, 생산) 매출 증가값과 마케팅 매출 증가값의 변화를 나타내며, 하단의 그래프들은 저량 변수인 기업 매출과 R&D 예산의 변화를 나타내는 그래프이다. 첫 번째 그래프 입력값은 7이며, 형태가 초기에 증가하다가 36개월을 기점으로 하락하는 형상을 보인다. 두 번째 그래프의 입력값은 5이며 형태는 첫 번째 그래프와 유사하다. 세 번째 그래프는 3을 입력했으며 그 형태가 꾸준히 증가하고, 네 번째 그래프부터는 매출이 꾸준히 하락한다. 종합하면, 민감도 분석 결과 본 시뮬레이션 모형은 각 변수별로 입력값에 대해 모형이 달라지는 것을 확인함으로써, 입력값에 따라 결과값이 상이하게 변화함을 확인할 수 있었다.

4.2 가설 검증

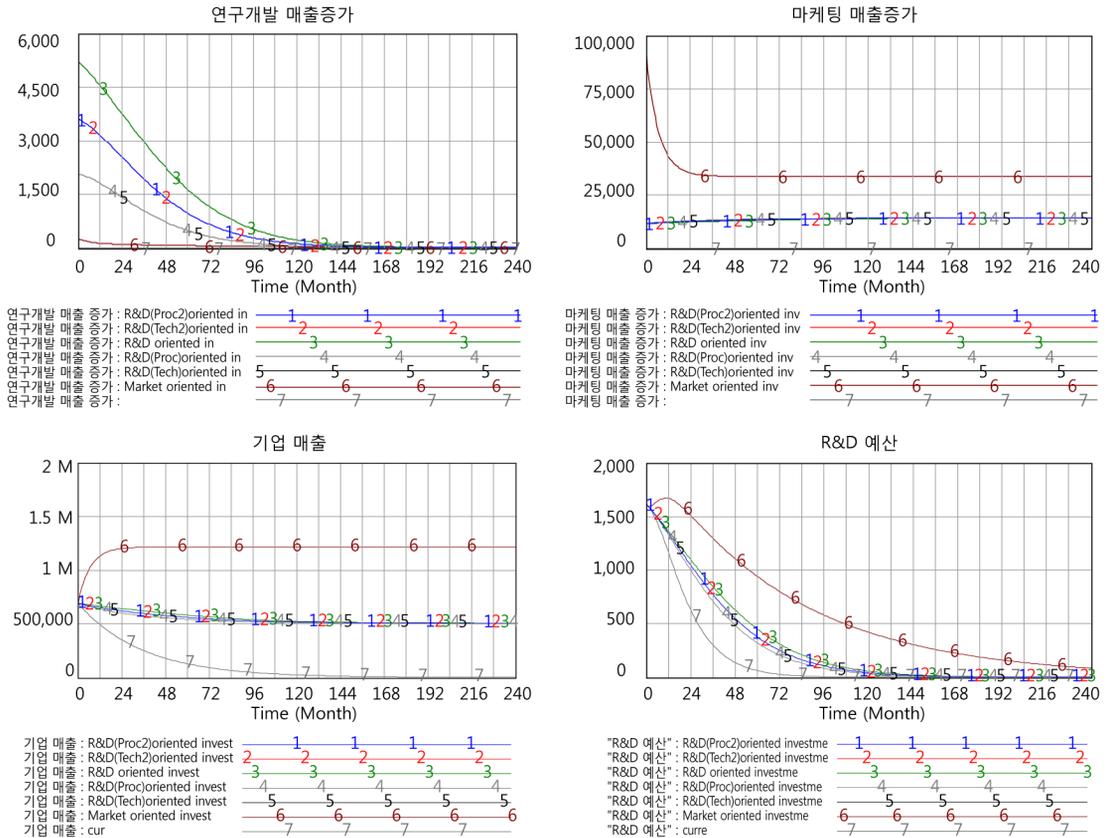
본 연구는 기업 활동 부문별로 투자 배분을 다르게 했을 때 기업의 매출에 어떠한 영향이 나타나는지를 살펴보고, 시장 성숙도에 따라 이러한 배분을 다르게 했을 때의 기업 변화를 분석함으로써, 동태적 복잡성을 고려한 최적의 R&D 투자 전략을 제시하는데 목적이 있다. 이를 위하여 앞서 제시한 두 개의 가설과 상응하도록 시뮬레이션 모형을 설계하였다.

첫째, 기업 활동인 기술개발, 생산공정, 마케팅 부문별 투자 비율을 조정하여 기업 성과에 미치는 영향을 분석하였다. 최강화 외[23]는 기술혁신 투자 비율과 기업의 이윤 간의 관계를 시스템 다이내믹스로 분석하였다. 기술혁신을 제품혁신과 공정혁신으로 구분하고 이에 대한 투자비율을 100%로 봤을 때 제품혁신과 공정혁신의 비율을 20%와 80%로

설정하여 제품지향적 투자와 공정지향적 투자에 따른 기업이윤의 변화를 연구하였다. 본 연구는 이 연구의 방법론을 채택하여 투자비율을 100%로 봤을 때 기술개발, 생산공정, 마케팅 부문의 투자비율을 다르게 하였다. 예를 들어, 기술개발 10%, 생산공정 10%, 마케팅 80%로 투자비율을 설정한 경우는 기업이 마케팅에 집중적으로 투자하는 상황에 대한 시뮬레이션이다. 이와 같이 각 부문별 투자비율을 다양하게 변화시켜 시뮬레이션을 실시하고 가설을 검증하였다. 둘째, 기업 외부 환경을 반영하기 위하여 시장 성숙도를 고려한 R&D 효율성 Lookup 함수를 변수로 사용하고, 시뮬레이션이 실시될 때마다 시장성숙도가 시뮬레이션 결과에 누적된 결과를 확인하였다.

[그림 6]은 기술개발 투자비율, 생산공정 투자비율, 마케팅 투자비율을 다르게 설정하고 24개월 동안 시뮬레이션 한 결과 그래프이다. 시뮬레이션은 다음과 같이 총 7가지 상황을 가정하였다. 그래프 1과 그래프 4는 생산공정, 그래프 2와 5는 기술개발, 그래프 6은 마케팅에 집중적으로 투자한 경우이고, 그래프 3은 기술개발과 생산공정에 동일한 비율로 투자한 경우, 그래프 7은 전혀 투자를 하지 않은 경우이다.

마케팅 매출 증가 그래프를 살펴보면, 마케팅에 집중적으로 투자를 했을 때 가장 큰 효용을 얻는 것으로 나타났다. 그래프는 기술개발이 완료되는 시점인 12개월까지 가파르게 하락하다가 제품 양산이 되는 24개월까지 완만하게 감소하고, 그 후로는 제품이 출시되어 판매가 시작됐기 때문에 일정 수준을 유지하며 꾸준한 매출 증가 폭을 나타내고 있다. 반면에 연구개발에 집중적으로 투자를 한 경우는 소폭으로 마케팅 매출 증가폭에 영향을 미치고 있으며 꾸준한 증가폭을 유지하였다. 이는 연구개발에 투자했을 시 우수한 제품이 생산 가능하기 때문에 연구개발이 마케팅 매출 증가에 간접적으로 영향을 미치는 것으로 해석될 수 있다. 또한 연구개발 집중투자의 경우 생산과 기술에 어느 정도 차이를 두고 투자하는지는 전혀 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.



[그림 6] 민감도 분석 결과

기업 매출 그래프에 따르면 기술개발, 생산공정, 마케팅 부문에 투자가 전혀 없는 경우, 기업 매출은 결과적으로 하락하여 132개월부터 매출이 거의 발생하지 않으며 R&D 예산은 84개월부터 소진되는 것으로 나타났다. 반면에 마케팅에 집중적으로 투자를 하면 기업 매출이 24개월까지 가파른 상승세를 보이며 증가하다가 그 이후로는 유지된다. 이는 연구개발 집중투자로 인한 기업 매출의 2배 이상에 해당하는 규모이며, 초기에 기술개발이 더 활발하고 후기에 마케팅이 활발할 것이라는 기술포화 수준과 상관없이 마케팅을 통한 매출 그래프는 전체 시기에 걸쳐서 동일한 그래프를 나타내고 있다. 따라서 가설 1은 부분적으로 채택되었다.

R&D 예산의 경우 마케팅에 집중투자 했을 때 기술개발 초기부터 제품이 출시되는 시점인 12개월

까지 R&D 예산이 증가하다가, 제품 출시를 기점으로 해당 기술에 대한 R&D 투자 효율이 떨어지기 때문에 점차 R&D 예산이 감소한다. 그러나 240개월 시점에도 해당기술에 대한 소량의 R&D 예산이 확보가 되는 것을 확인할 수 있다. 그에 비해 기술개발 및 생산공정에 집중적으로 투자한 경우에는 꾸준히 감소하며 144개월에는 R&D 예산이 0에 가까워지는 것으로 확인되었다.

또한 좌측 상단의 연구개발 매출증가 그래프는 기술개발과 생산공정 투자비율이 직접적으로 영향을 미치는 변수로서 시장 초기에 높고 시간이 흐름에 따라 점차 하락했으며, 시뮬레이션 결과 120개월을 기점으로 증가폭이 거의 없어지는 형태로 나타났다. 기업의 매출을 가장 크게 증가시키는 입력값은 기술개발과 생산공정이 각각 45%로 동일한

비율이었으며, 두 번째 높은 증가폭을 보이는 입력 값은 기술개발 또는 생산공정이 60%이었다. 세 번째 높은 증가폭을 보이는 입력값은 기술개발 또는 생산공정이 80%인 경우이었다. 즉, 연구개발로 인한 매출 증가를 살펴봤을 때, 기술개발 또는 생산공정에 차등을 두어 투자할 경우가 동등한 비율로 투자할 때보다 매출에 비효율적인 것으로 나타났다. 따라서 가설 2는 기각되었다. 이러한 결과는 기술개발과 생산공정에 유사한 비율로 투자할 때, 비로소 기술과 품질 모두 우수한 신제품이 생산될 수 있기 때문인 것으로 해석할 수 있다. 또한 연구개발로 인한 매출 증가가 초기에는 소폭의 증가량을 보이거나 꾸준히 하락하여 120기에는 0에 가까워진 것은 기술이 개발되고 10년이 지나면, 해당 기술에 대한 R&D 투자가 이루어지더라도 투자에 대한 효과가 크지 않게 되며 해당 기술이 쇠퇴하기 때문인 것으로 볼 수 있다.

5. 결 론

본 연구는 동태적 복잡성을 고려하여 기업의 R&D 투자 배분 의사결정에 관한 모형을 구축하고, 기업 성과를 극대화할 수 있는 최적의 R&D 투자 전략을 도출하였다. 이를 위하여 신제품 개발의 관점에서 기업 활동을 기술개발, 생산공정, 마케팅으로 구분하고[13, 26, 34], 기업의 외부 환경으로 시장 성숙도[60]를 고려하여 시스템 다이내믹스 모형을 개발하였다. 시뮬레이션 분석 결과를 정리하면, 기술개발과 생산공정에 대한 투자 비율이 동일할 때 기업 매출이 가장 높았다. 또한 시장 성숙도와 상관없이 마케팅 투자 비율이 증가하면 기업 매출이 큰 폭으로 향상되었으며, 이는 R&D 예산 증가로 이어져 R&D 재투자 활동을 활발하게 하는 등 선순환 구조를 지니는 것으로 나타났다.

연구의 시사점으로는 첫째, 기업의 R&D 투자 배분에 관한 기존의 정태적 최적화에서 벗어나 동태적 관계로 재조명하였다. 선행연구들은 R&D 투자 배분에 관한 요소들을 선형적 관계로 파악하고

AHP, CGE 모형 등의 방법을 적용하여 R&D 투자 의사결정에서 다양한 요소들 간의 연관성을 충분히 살펴보지 못하였다. 그러나 본 연구에서는 시스템 다이내믹스를 이용하여[39, 45, 58] R&D 투자 의사결정에서 고려될 수 있는 다양한 기업 내부 활동 및 외부 환경 간의 동태적 연관성을 살펴보았다. 둘째, 기업의 신제품 개발과 관련한 R&D 투자 배분에 있어서 기술개발과 생산공정 뿐만 아니라 프로모션, 홍보 등 마케팅까지 살펴봄으로써, R&D 분야에 국한되었던 선행연구들의 범위를 확장하였다. 본 연구는 신제품 개발과 관련하여 기술개발, 생산공정, 마케팅, 시장 성숙도, 기업 매출 등을 전반적으로 살펴보았다. 셋째, 기업의 신제품 개발 투자에 관한 의사결정에 제품 개발과 생산에 국한된 근시안적인 관점에서 벗어나 시장 환경을 고려한 장기적인 관점을 제시하였다. R&D 투자 의사결정은 일련의 과정에 따라 이루어져야 한다는 선행연구들[32, 48]을 바탕으로, 본 연구에서는 기업이 처한 시장 환경에 따라 중장기적 R&D 투자 의사결정에 도움을 줄 수 있는 전략을 제안하였다는데 의의가 있다.

한편, 본 연구의 한계점 및 이를 보완하기 위한 향후 연구 방향은 다음과 같다. 첫째, 시뮬레이션 분석을 할 때 참고할 만한 객관적인 데이터가 있으면 이를 활용한 시뮬레이션 모형의 결과를 더욱 신뢰할 수 있을 것이다[3]. 그러나 본 연구의 일부 변수들은 객관적인 데이터를 구할 수 없어서 전문가들의 의견을 반영한 데이터를 이용하였다. 예를 들어, 제품 상용화 기간이나 배수 등과 같은 변수들은 전문가들의 의견을 반영한 데이터를 사용하였다. 둘째, 본 연구에서는 기업별 성향에 따라 R&D 프로세스가 다른 점을 고려하여, 모든 기업들에 해당되는 기본적인 활동인 기술개발, 생산공정, 마케팅만을 다루었다. 시스템 다이내믹스 모형 구성 시에 기본적인 요소만을 적용하면 오류가 최소한으로 발생하므로[23] 모형을 단순화한 것이다. 그러나 실제 기업이 신제품 개발을 위한 R&D 투자 배분의 사결정을 할 때는 이 외에도 다양한 업무 부문들과

의 상호관계를 고려해야 할 것이다. 셋째, 본 연구는 다른 산업들에 비해 상대적으로 R&D 투자가 기업 성과에 큰 영향을 미치고[36], R&D의 중요성이 큰 전자산업을 대상으로 진행하였지만[31, 37], 연구 결과를 전체 산업으로 일반화하기 위해서는 후속 연구가 필요할 것이다.

향후 연구에서 시뮬레이션 분석 시 가급적 모든 변수들에 객관적인 데이터를 사용하고 R&D 투자 배분 의사결정에 영향을 미치는 여러 활동들을 추가적으로 고려하며 연구의 범위를 다양한 산업으로 확대해야 할 것이다. 이를 통해 본 연구에서 제시한 모형을 더욱 정교화 함으로써 동태적 복잡성을 고려한 최적의 R&D 전략을 더욱 구체적으로 도출할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] 과학기술정책연구원, 『기술혁신조사』, 2004.
- [2] 김도훈, 문태훈, 김동환, 『시스템 다이내믹스』, 대영문화사, 1999.
- [3] 김동환, 안승구, “국가 R&D 투자 배분에 관한 시스템 다이내믹스 모델링”, 『한국 시스템 다이내믹스 연구』, 제12권, 제2호(2011), pp.153-176.
- [4] 김석현, 조성표, 성요현, 최윤석, 정재용, 『기업연구개발투자자와 성과 2006 : Korean R&D Scoreboard』, 과학기술정책연구원, 2006.
- [5] 김수욱, “전략적 공급선 다변화를 위한 정보기술의 역할”, 『경영학연구』, 제35권, 제5호(2006), pp.1309-1338.
- [6] 김우식, “국내 전자기업의 경영성과와 R&D 활동과의 관계에 관한 연구”, 『산업경제연구』, 제17권, 제4호(2004), pp.1467-1484.
- [7] 김윤중, 정 욱, 임성민, 정상기, “포트폴리오 분석과 계층화분석기법(AHP)을 활용한 정부 IT분야 연구개발 투자 전략 연구”, 『경영과학』, 제26권, 제1호(2009), pp.37-51.
- [8] 김지대, 김기영, “신제품 개발전략의 유형과 성과에 관한 연구”, 『한국경영과학회지』, 제21권, 제3호(1996), pp.11-46.
- [9] 김창우, 김동환, 『정책 부작용의 원인과 유형-시스템 사고에 입각한 분석』, 제1회 복잡계 컨퍼런스, 2006.
- [10] 김현정, 김수욱, “AHP와 QFD를 이용한 철도 기술 개선에 관한 실증적 연구”, 『한국품질경영학회지』, 제41권, 제2호(2013), pp.301-322.
- [11] 박철민, “중소제조기업 연구개발비 투자가 경영성과에 미치는 영향”, 『대한경영학회지』, 제42권, 제1호(2004), pp.101-125.
- [12] 신근섭, 『기업의 시스템 역량과 기술혁신의 인과관계에 대한 분석 : 시스템 다이내믹스에 의한 접근』, 서울대학교 대학원, 2006.
- [13] 오상영, “시스템 사고를 적용한 효과적인 정부의 중소기업지원 시점 연구”, 『한국 시스템 다이내믹스 연구』, 제7권, 제2호(2006), pp.21-34.
- [14] 윤병섭, 허호영, “연구개발투자가 경영성과에 미치는 영향 : 2010년 한국 R&D Scoreboard”, 『전문경영인연구』, 제14권, 제2호(2011), pp.109-131.
- [15] 이상만, 『연구개발비와 광고비 지출의 이익에 축력에 관한 연구 : 경상이익 예측력을 중심으로』, 단국대학교 대학원, 1994.
- [16] 이운석, 이석준, 문홍근, “전사적 정보화 투자 성과 평가 방법론의 개발과 적용 : 삼성그룹 사례”, 『Information Systems Review』, 제6권, 제1호(2004), pp.85-102.
- [17] 이홍권, 『R&D 투자 효율성 제고를 위한 전략적 예산편성 방안 연구』, 한국과학기술기획평가원, 2011.
- [18] 일본 문부과학성 과학기술정책연구소, “2030년의 과학기술”, 『제7회 일본 문부과학성 기술예측조사 보고서』, 한국과학기술정보연구원 편역, 2002.
- [19] 장성근, 류성일, 김진우, “디자인 중심 신제품 개발 전략의 성공 요인 : 초콜릿 폰 개발 사례를 중심으로”, 『경영과학』, 제24권, 제1호(2007), pp.1-24.

- [20] 정진수, 박재영, “KOSDAQ 등록기업의 연구개발비가 기업가치에 미치는 영향”, 『산업경제연구』, 제17권, 제4호(2004), pp.1273-1289.
- [21] 조선 비즈, 『산기협, “올 기업 R&D 투자 58조 3287억 전망”』, 2015. 3. 24.
- [22] 조성표, 정재용, “연구개발비 지출의 다기간 이익 효과 분석”, 『경영학연구』, 제30권, 제1호(2001), pp.289-315.
- [23] 최강화, 광수일, 김수욱, “시스템 다이내믹스를 이용한 기술혁신의 동태성 분석”, 『경영과학』, 제23권, 제1호(2006), pp.87-113.
- [24] 하영원, 박홍수, “한국, 미국, 일본의 신제품 성공요인에 관한 비교연구”, 『경영학연구』, 제30권, 제2호(2001), pp.531-556.
- [25] 한국과학기술기획평가원, 『연구개발 활동 조사 보고서』, 교육과학기술부, 2010.
- [26] 허범도, 『중소기업정책의 평가 및 새로운 정책 모형에 관한 연구』, 숭실대학교 대학원, 2003.
- [27] 허범도, 김용덕, “중소기업정책의 새로운 정책 모형 및 향후 발전방향”, 『국제지역연구』, 제10권, 제3호(2006), pp.250-271.
- [28] 현대경제연구원, 『한·중·일 상장기업 R&D 투자 효율성 비교』, 2015.
- [29] 홍영교, 정석환, “한국 시스템 다이내믹스 연구 경향 분석 : 7년의 성과와 반성 그리고 제안”, 『한국 시스템 다이내믹스 연구』, 제8권, 제1호(2007), pp.25-47.
- [30] Abernathy, W.J. and J.M. Utterback, “Patterns of Industrial Innovation,” *Technology Review*, Vol.80, No.7(1978), pp.41-47.
- [31] Balkin, D.B., G.D. Markman, and L.R. Gomez-Mejia, “Is CEO Pay in High-Technology Firms Related to Innovation?,” *Academy of Management Journal*, Vol.43, No.3(2000), pp.1118-1129.
- [32] Bar-Ilan, A. and W.C. Strange, “A Model of Sequential Investment,” *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol.22, No.3(1998), pp. 437-463.
- [33] Bor, Y.J., Y.-C. Chuang, W.-W. Lai, and C.-M. Yang, “A Dynamic General Equilibrium Model for Public R&D Investment in Taiwan,” *Economic Modelling*, Vol.27, No.1(2010), pp.171-183.
- [34] Boer, F.P., *The Valuation of Technology : Business and Financial Issues in R&D*, Wiley, 1999.
- [35] Brown, R., “Managing the “S” Curves of Innovation,” *Journal of Consumer Marketing*, Vol. 9, No.1(1992), pp.61-72.
- [36] Chan, S.H., J.D. Martin, and J.W. Kensinger, “Corporate Research and Development Expenditures and Share Value,” *Journal of Financial Economics*, Vol.26, No.2(1990), pp.255-276.
- [37] Chen, H.-L., “Board Capital, CEO Power and R&D Investment in Electronics Firms,” *Corporate Governance : An International Review*, Vol.22, No.5(2014), pp.422-436.
- [38] Choi, K., R. Narasimhan, and S.W. Kim, “Opening the Technological Innovation Black Box : The Case of the Electronics Industry in Korea,” *European Journal of Operational Research* (2015), doi:10.1016/j.ejor.2015.08.054.
- [39] Darling, T.A. and G.P. Richardson, A Behavioral Simulation Model of Single and Iterative Negotiations, Proceedings of the 1990 International System Dynamics Conference, 1990.
- [40] Dooley, K., A. Subra, and J. Anderson, “Maturity and Its Impact on New Product Development Project Performance,” *Research in Engineering Design* Vol.13, No.1(2001), pp.23-29.
- [41] Dugal, S.S. and G.K. Morbey, “Revisiting Corporate R&D Spending during a Recession,” *Research Technology Management*, Vol.38, No.4(1995), p.23.
- [42] Eberhart, A.C., W.F. Maxwell, and A.R. Siddique, “An Examination of Long-Term Abnormal Stock Returns and Operating Performance Following

- R&D Increases,” *Journal of Finance*, Vol.59, No.2(2004), pp.623-649.
- [43] Finkelstein, S. and B.K. Boyd, “How Much Does the CEO Matter? The Role of Managerial Discretion in the Setting of CEO Compensation,” *Academy of Management Journal*, Vol.41, No.2 (1998), pp.179-199.
- [44] Forman, E.H. and S.I. Gass, “The Analytic Hierarchy Process-An Exposition,” *Operations Research*, Vol.49, No.4(2001), pp.469-486.
- [45] Forrester, J.W., *Industrial Dynamics*, Waltham, MA : Pegasus Communications, 1961.
- [46] Foster, R.N., “Corporate Performance and Technological Change through Investor’s Eyes,” *Research Technology Management*, Vol.46, No.6 (2003), pp.36-43.
- [47] Ghosh, M., “R&D Policies and Endogenous Growth : A Dynamic General Equilibrium Analysis of the Case for Canada,” *Review of Development Economics*, Vol.11, No.1(2007), pp. 187-203.
- [48] Grenadier, S.R. and A.M. Weiss, “Investment in Technological Innovations : An Option Pricing Approach,” *Journal of Financial Economics*, Vol.44, No.1(1997), pp.397-416.
- [49] Hansen, K.F., M.A. Weiss, and S. Kwak, “Allocation R&D Resources : A Quantitative Aid to Management Insight,” *Research-Technology Management*, Vol.42, No.4(1999), pp.44-50.
- [50] Keogh, G. and É. D’Arcy, “Market Maturity and Property Market Behaviour : A European Comparison of Mature and Emergent Markets,” *Journal of Property Research*, Vol.11, No.3 (1994), pp.215-235.
- [51] Kor, Y.Y., “Direct and Interaction Effects of Top Management Team and Board Compositions on R&D Investment Strategy,” *Strategic Management Journal*, Vol.27, No.2(2006), pp.1081-1110.
- [52] Kotler, P., “Competitive Strategies for New Product Marketing over the Life Cycle,” *Management Science*, Vol.12, No.4(1965), p.104.
- [53] Lev, B. and T. Sougiannis, “The Capitalization, Amortization, and Value-Relevance of R&D,” *Journal of Accounting and Economics*, Vol.21, No.1(1996), pp.107-138.
- [54] Levine, R. and H. Fitzgerald, *Analysis of Dynamic Psychological Systems*, Plenum Press, New York, 1992.
- [55] Lundvall, B.A., *Innovation, Growth, and Social Cohesion : The Danish Model*, Cheltenham, Elgar, 2002.
- [56] Lynn, G.S., J.G. Morone, and A.S. Paulson, *Marketing and Discontinuous Innovation : The Probe and Learn Process*, In M.L. Tushman and P. Anderson(Eds), *Managing Strategic Innovation and Change*, Oxford University Press, 1997.
- [57] Mishra, S., D. Kim, and D.H. Lee, “Factors Affecting New Product Success : Cross-country Comparisons,” *Journal of Product Innovation Management*, Vol.13, No.6(1996), pp.530-550.
- [58] Richardson, G.P., “Reflections for the Future of System Dynamics,” *Journal of the Operational Research Society*, Vol.50, No.4(1999), pp.440-449.
- [59] Roberts, K. and M.L. Weitzman, “Funding Criteria for Research, Development, and Exploration Projects,” *Econometrica*, Vol.49, No.3(1981), pp.1261-1288.
- [60] Shane, S.A., *Technology Strategy for Managers and Entrepreneurs*, Prentice Hall, 2009.
- [61] Tubbs, M., “The Relationship between R&D and Company Performance,” *Research Technology Management*, Vol.50, No.6(2007), pp. 23-30.